

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EV351234759US

Applicant : Hidenori Takahashi, et al.
Application No. : N/A
Filed : July 10, 2003
Title : RING RESONATOR

Grp./Div. : N/A
Examiner : N/A

Docket No. : 50420/DBP/T360

LETTER FORWARDING CERTIFIED
PRIORITY DOCUMENTS

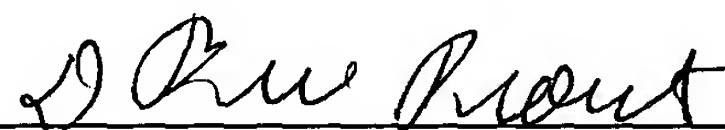
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Post Office Box 7068
Pasadena, CA 91109-7068
July 10, 2003

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application Nos. 2002-253785, and 2002-360261, respectively filed on August 30, 2002, and December 12, 2002, the priority of which are claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,
CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By 

D. Bruce Prout
Reg. No. 20,958
626/795-9900

DBP/aam
Enclosure: Certified copy of patent applications

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 8月30日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-253785

[ST.10/C]:

[JP2002-253785]

出 願 人
Applicant(s):

KDDI株式会社

2003年 2月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特2003-3008812

【書類名】 特許願

【整理番号】 KDD02052

【提出日】 平成14年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディー
 ーディーアイ研究所内

 【氏名】 高橋 英憲

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディー
 ーディーアイ研究所内

 【氏名】 宇佐見 正士

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディー
 ーディーアイ研究所内

 【氏名】 西村 公佐

【特許出願人】

 【識別番号】 000208891

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

 【氏名又は名称】 ケイディーディーアイ株式会社

 【代表者】 小野寺 正

【代理人】

 【識別番号】 100090284

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田中 常雄

 【電話番号】 03-5396-7325

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011073

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0016425

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 リング共振回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の比屈折率差を具備するリング導波路であって、狭幅域（1 2 a）を有するリング導波路（1 2）と、

当該第 1 の比屈折率差より小さい第 2 の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該狭幅域に隣接して配置され、当該狭幅域との間で光学的に結合する光導波路（1 4）

とを具備することを特徴とするリング共振回路。

【請求項 2】 当該第 2 の比屈折率差が 0. 3 %乃至 0. 7 5 %の何れかである請求項 1 に記載のリング共振回路。

【請求項 3】 当該リング導波路（1 2）は、当該狭幅域（1 2 a）の前後で導波路幅が漸減及び漸増するテーパ部（1 2 b、1 2 c）を具備する請求項 1 に記載のリング共振回路。

【請求項 4】 第 1 の比屈折率差を具備するリング導波路であって、第 1 及び第 2 の狭幅域（1 1 2 a、1 1 2 d）を有するリング導波路（1 1 2）と、

当該第 1 の比屈折率差より小さい第 2 の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該第 1 の狭幅域（1 1 2 a）に隣接して配置され、当該第 1 の狭幅域（1 1 2 a）との間で光学的に結合する第 1 の光導波路（1 1 4）と、

当該第 1 の比屈折率差より小さい第 3 の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該第 2 の狭幅域（1 1 2 d）に隣接して配置され、当該第 2 の狭幅域（1 1 2 d）との間で光学的に結合する第 1 の光導波路（1 1 6）

とを具備することを特徴とするリング共振回路。

【請求項 5】 当該第 2 及び第 3 の比屈折率差が 0. 3 %乃至 0. 7 5 %の何れかである請求項 4 に記載のリング共振回路。

【請求項 6】 当該第 2 の比屈折率差が当該第 3 の比屈折率差と実質的に等しい請求項 4 に記載のリング共振回路。

【請求項 7】 当該リング導波路（1 1 2）は、当該第 1 の狭幅域（1 1 2 a）の前後で導波路幅が漸減及び漸増するテーパ部（1 1 2 b、1 1 2 c）を具備

し、当該第 2 の狭幅域（1 1 2 d）の前後で導波路幅が漸減及び漸増するテーパ一部（1 1 2 e、1 1 2 f）を具備する請求項 4 に記載のリング共振回路。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、リング共振回路に関し、より具体的には、光導波路型のリング共振回路に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

入出力光導波路に隣接して光リング導波路を配置し、両者を方向性結合器で光結合することにより、光導波路型のリング共振回路を形成できる。

【0 0 0 3】

分散補償器として使用できるリング共振回路が、F. Horst et al, "Tunable Ring Resonator Dispersion Compensators Realized in High-Refraction-Index Contrast SiON Technology", post deadline paper, European Conference on Optical Communications 2000 に記載されている。群遅延が、波長と、入出力光導波路と光リング導波路との間の結合係数とに依存するので、光ファイバの波長分散とは逆符号の分散特性を有するように結合係数を調整することで、分散補償器として使用できる。

【0 0 0 4】

また、アド／ドロップ光フィルタとして使用するリング共振回路が、鈴木扇太他、「積層導波路型リング共振回路」、電子情報通信学会秋季大会、c-234、1992 に記載されている。この場合にも、結合係数を調整することで、フィルタ特性を調節できることを利用する。

【0 0 0 5】

単一モード光ファイバ（以下、SMFと略す。）のコアとクラッドの比屈折率差 Δn は 0.3% であり、SMF と 0.3 dB 以下の通損失で光結合できる石英

光導波路の比屈折率差 Δn は 0.3 ~ 0.75 % である。入出力光導波路及び光リング導波路の比屈折率差を 0.3 ~ 0.75 % の範囲に設定した場合、光リング導波路の自由スペクトル領域（以下、FSR という。）は、最大で 6 GHz 程度である。

【 0 0 0 6 】

前者の論文では、比屈折率差 Δn が 3.3 %、曲げ半径が 550 μm の光リング導波路を形成して、FSR として 50 GHz を実現している。ここに記載された構成では、入出力導波路の比屈折率差を光リング導波路のそれと同じにしている。 Δn が 3.3 % の入出力導波路と Δn が 0.3 % 程度の SMF との間で良好な光結合を得るために、両者の間にモード変換光ファイバを配置することを提案している。このモード変換光ファイバにより、片端面当たりの結合損失が、1.2 dB だけ減少すると報告されている。

【 0 0 0 7 】

後者の論文では、光リング導波路の Δn を高くし、入出力光導波路の Δn を低くすることで、広い FSR と、通損失での光ファイバとの接続の両方を実現している。具体的には、入出力光導波路の Δn を 0.75 %、光リング導波路の Δn を 2 % として、モード変換光ファイバ無しで、21.6 GHz の FSR を実現している。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

前者の論文に記載される構成では、モード変換光ファイバが必要であり、部品点数が増加し、回路規模が大きくなる。また、結合効率が改善したとはいえ、未だ 1.2 dB の結合損失がある。

【 0 0 0 9 】

後者の論文のように、単に、光リング導波路の Δn を高くし、入出力光導波路の Δn を低くした場合、SMF と入出力光導波路との間の光結合効率は向上するものの、入出力導波路と光リング導波路との間の光結合効率が劣化する。後者の論文には、入出力導波路と光リング導波路との間の光結合効率は小さくても良いと記載されているが、用途、例えば、前者の論文に記載されるような分散補償の

用途では、入出力導波路と光リング導波路との間の光結合効率として 70%～100%程度を必要とすることがある。このような用途では、後者の論文に記載される構成は採用できない。

【0010】

基本的には、光リング導波路の Δn を大きくすることで、周回長を短くでき、その結果、FSRが大きくなる。しかし、光リング導波路の Δn を大きくすると、入出力光導波路と光リング導波路との間の光結合効率、又は、外部のSMF等と入出力光導波路との間の光結合効率が悪化する。

【0011】

そこで、本発明は、広いFSRと高い光結合効率の両方を実現できる新規な構成のリング共振回路とその製造方法を提示することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るリング共振回路は、第1の比屈折率差を具備するリング導波路であって、狭幅域を有するリング導波路と、当該第1の比屈折率差より小さい第2の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該狭幅域に隣接して配置され、当該狭幅域との間で光学的に結合する光導波路とを具備することを特徴とする。

【0013】

本発明に係るリング共振回路はまた、第1の比屈折率差を具備するリング導波路であって、第1及び第2の狭幅域を有するリング導波路と、当該第1の比屈折率差より小さい第2の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該第1の狭幅域に隣接して配置され、当該第1の狭幅域との間で光学的に結合する第1の光導波路と、当該第1の比屈折率差より小さい第3の比屈折率差を具備する光導波路であって、当該第2の狭幅域に隣接して配置され、当該第2の狭幅域との間で光学的に結合する第1の光導波路とを具備することを特徴とする。

【0014】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0015】

図 1 は、本発明の一実施例の斜視図を示し、図 2 は、その平面図を示す。図 3 は、図 2 の A - A 線から見た断面図を示し、図 4 は、図 2 の B - B 線から見た断面図を示す。

【 0 0 1 6 】

石英基板 1 0 内に、長円形状のリング導波路 1 2 と直線状の光導波路 1 4 が埋め込まれている。リング導波路 1 2 の一辺に隣接して且つ平行に、光導波路 1 4 が配置されている。光導波路 1 4 に近接するリング導波路 1 2 の辺では、部分的に導波路幅を細くして光導波路 1 4 と光結合しやすくした狭幅域 1 2 a を形成してある。狭幅域 1 2 a の両側には、狭幅域 1 2 a に向かって導波路幅が漸減する長さ $800\text{ }\mu\text{m}$ のテーパ部 1 2 b, 1 2 c を形成してある。狭幅域 1 2 a とこれに近接する光導波路 1 4 の部分が、方向性結合器を形成し、狭幅域 1 2 a の光伝搬方向の長さは、方向性結合に適した長さに設定されている。

【 0 0 1 7 】

光導波路 1 4 の一方端に、SMF 1 6 が配置され、光導波路 1 4 の他方端にも SMF 1 8 が配置される。SMF 1 6, 1 8 は、基本的に同じ屈折率分布及び屈折率の光ファイバからなる。

【 0 0 1 8 】

本実施例では、光導波路 1 4 の比屈折率差 Δn は、0. 7 5 % で、断面形状は $6\text{ }\mu\text{m} \times 6\text{ }\mu\text{m}$ である。SMF の比屈折率差 $\Delta n = 0. 3\%$ と光結合可能な石英導波路の Δn は、上述の通り、0. 3 ~ 0. 7 5 % であり、光導波路 1 4 の比屈折率差 Δn をその範囲内の最大値 0. 7 5 % に設定してある。

【 0 0 1 9 】

光導波路 1 4 の上方に、 $1\text{ }\mu\text{m}$ の間隔をおいてリング導波路 1 2 が積み上げられている。リング導波路 1 2 は、比屈折率差 Δn が 2. 3 %、最小曲げ半径が $800\text{ }\mu\text{m}$ 、一周長が $8500\text{ }\mu\text{m}$ である。リング導波路 1 2 高さは $3\text{ }\mu\text{m}$ 、その幅は、ほとんどの部分で $3\text{ }\mu\text{m}$ 、狭幅域 1 2 a で $1\text{ }\mu\text{m}$ 、テーパ部 1 2 b, 1 2 c では $800\text{ }\mu\text{m}$ の範囲で $3\text{ }\mu\text{m}$ から $1\text{ }\mu\text{m}$ に変化する。

【 0 0 2 0 】

リング導波路 1 2 の Δn が 2. 3 % であるのに対し、光導波路 1 4 の Δn が 0

、 7 5 % であるので、そのままでは両者間の光結合が難しいが、本実施例では、リング導波路 1 2 に狭幅域 1 2 a を設けることで、光導波路 1 4 との光結合率を改善している。即ち、狭幅域 1 2 a では、伝搬光の伝搬定数が低下して光導波路 1 4 の伝搬定数に接近し、導波路パラメータによっては、両者を一致させることも可能である。これにより、リング導波路 1 2 と光導波路 1 4 との間で 7 0 % 以上の光結合効率の方向性結合を実現できる。

【 0 0 2 1 】

S M F 1 6 から光導波路 1 4 に入射した光は、リング導波路 1 2 の狭幅域 1 2 a でリング導波路 1 2 に結合する。リング導波路 1 2 を周回した光は、狭幅域 1 2 a で光導波路 1 4 に結合し、S M F 1 8 に出力される。リング導波路 1 2 上に各種の光素子、例えば、波長依存の透過率又は波長分散を有する光素子を配置することで、挿入損失の少ない種々の光機能素子を実現できる。

【 0 0 2 2 】

(第 2 実施例)

図 5 は、本発明の第 2 実施例の平面図を示す。図 6 は、図 5 の C - C 線から見た断面図を示し、図 6 は、図 5 の D - D 線から見た断面図を示す。第 2 実施例は、いわゆる、リング共振器型光フィルタ構成になっている。第 1 の実施例に対し、リング導波路の 2 箇所に狭幅域を設けると共に、各狭幅域に光結合する 2 つの光導波路を設けている。

【 0 0 2 3 】

図 5 ～図 7 に示す実施例では、石英基板 1 1 0 内に、長円形状のリング導波路 1 1 2 と直線状の光導波路 1 1 4 , 1 1 6 が埋め込まれている。リング導波路 1 1 2 の一辺に隣接して且つ平行に光導波路 1 1 4 が配置され、リング導波路 1 1 2 の他方の辺に隣接して且つ平行に、光導波路 1 1 6 が配置されている。

【 0 0 2 4 】

光導波路 1 1 4 に近接するリング導波路 1 1 2 の辺では、部分的に導波路幅を細くして光導波路 1 1 4 と光結合しやすくした狭幅域 1 1 2 a を形成してある。狭幅域 1 1 2 a の両側には、狭幅域 1 1 2 a に向かって導波路幅が漸減する長さ 8 0 0 μ m のテーパ部 1 1 2 b , 1 1 2 c を形成してある。これは、第 1 実施

例の場合と同じである。本実施例では更に、光導波路 1 1 6 に近接するリング導波路 1 1 2 の辺にも、狭幅域 1 1 2 a 及びテーパー部 1 1 2 b, 1 1 2 c と同様の構成の狭幅域 1 1 2 d 及びテーパー部 1 1 2 e, 1 1 2 f を設けてある。狭幅域 1 1 2 a において、リング導波路 1 1 2 は光導波路 1 1 6 と効率良く光結合する。

【 0 0 2 5 】

狭幅域 1 1 2 a とこれに近接する光導波路 1 1 4 の部分が、方向性結合器を形成し、狭幅域 1 1 2 a の光伝搬方向の長さは、その方向性結合に適した長さに設定されている。同様に、狭幅域 1 1 2 d とこれに近接する光導波路 1 1 6 の部分が、方向性結合器を形成し、狭幅域 1 1 2 d の光伝搬方向の長さは、その方向性結合に適した長さに設定されている。

【 0 0 2 6 】

光導波路 1 1 4 の一方端に SMF 1 1 8 が配置され、光導波路 1 1 4 の他方端にも SMF 1 2 0 が配置される。光導波路 1 1 6 の一方端に SMF 1 2 2 が配置され、光導波路 1 1 6 の他方端に SMF 1 2 4 が配置される。

【 0 0 2 7 】

リング導波路 1 1 2 の狭幅部 1 1 2 a, 1 1 2 d 及びテーパー部 1 1 2 b, 1 1 2 c, 1 1 2 e, 1 1 2 f の導波路幅・高さ及び屈折率は、第 1 実施例の場合と同じである。光導波路（入出力導波路） 1 1 4 及び光導波路（出力導波路） 1 1 6 の導波路幅・高さ及び屈折率は、第 1 実施例の光導波路 1 4 と同じである。リング導波路 1 1 2 の狭幅部 1 1 2 a, 1 1 2 d と光導波路 1 1 4, 1 1 6 との間の距離は共に、第 1 実施例の場合と同様に、 $1\ \mu\text{m}$ である。

【 0 0 2 8 】

例えば、本実施例では、SMF 1 1 8 から光導波路 1 1 4 に入力する光は、リング導波路 1 1 2 の狭幅部 1 1 2 a でリング導波路 1 1 2 に結合する。リング導波路 1 1 2 を周回する光の内、リング導波路 1 1 2 の共振周波数に合致する波長成分（ドロップ帯域成分）が、光導波路 1 1 6 を介して SMF 1 2 2 に出力され、残りの波長成分が SMF 1 2 0 に出力される。即ち、本実施例は、特定の波長成分を分離する波長分離機能を具備する。本実施例はまた、リング導波路上に種

々の光素子を配置することで追加の機能を具備し得る。方向性結合器の結合効率とドロップ帯域とには相関があり、結合効率が增加するとドロップ帯域も増加する。本実施例では、高い結合効率を容易に実現できるので、広いドロップ帯域を実現できる。

【 0 0 2 9 】

(第 3 実施例)

図 1 ～ 図 4 には、入出力光導波路 1 4 上にリング導波路 1 2 を積み上げた構成を図示したが、リング導波路 1 2 の横に、即ちリング導波路 1 2 と実質的に同一の面上に、入出力光導波路 1 4 を配置しても良い。その場合、リング導波路 1 2 と入出力光導波路 1 4 との方向性結合の効率を改善するために、狭幅部 1 2 a の部分で、入出力導波路 1 4 をリング導波路 1 2 の外縁に沿って湾曲させれば良い。図 8 は、そのような変更実施例の平面図を示し、図 9 は、図 8 の E - E 線の断面図を示す。

【 0 0 3 0 】

図 8 に示す変更例では、基板 1 0 a には、リング導波路 1 2 の横に、入出力光導波路 1 4 に対応する入出力光導波路 1 4 a を配置する。入出力光導波路 1 4 a は、リング導波路 1 2 の狭幅部 1 2 a 及びテーパ部 1 2 b, 1 2 c に沿って湾曲している。但し、入出力光導波路 1 4 a の高さ及び幅は共に $6 \mu\text{m}$ であり、光伝搬方向（長さ方向）で一定である。

【 0 0 3 1 】

図 5 ～ 図 7 に示す第 2 実施例に対しても、リング導波路 1 1 2 の横に並べて光導波路 1 1 4, 1 1 6 を配置してもよい。その場合、図 8 に示す導波路配置と同様に、リング導波路 1 1 2 と入出力光導波路 1 1 4 との方向性結合の効率を改善するために、狭幅部 1 1 2 a の部分で、入出力導波路 1 1 4 をリング導波路 1 1 2 の外縁に沿って湾曲させれば良い。同様に、リング導波路 1 1 2 と入出力光導波路 1 1 6 との方向性結合の効率を改善するために、狭幅部 1 1 2 d の部分で、入出力導波路 1 1 6 をリング導波路 1 1 2 の外縁に沿って湾曲させれば良い。

【 0 0 3 2 】

石英基板に本発明に係るリング共振回路を形成する場合を説明したが、勿論、

半導体で形成してもよい。

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】

以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、高い光結合効率を持ち、且つ、部品点数が少なく、低損失のリング共振回路を実現できる。また、リング長を短くしやすいので、FSRの大きなリング共振回路を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施例の斜視図である。

【図 2】 第 1 実施例の平面図である。

【図 3】 図 2 の A - A 線の断面図である。

【図 4】 図 2 の B - B 線の断面図である。

【図 5】 本発明の第 2 実施例の平面図である。

【図 6】 図 5 の C - C 線の断面図である。

【図 7】 図 5 の D - D 線の断面図である。

【図 8】 本発明の第 3 実施例の平面図である。

【図 9】 図 8 の E - E 線の断面図を示す。

【符号の説明】

1 0, 1 0 a : 石英基板

1 2 : リング導波路

1 4, 1 4 a : 光導波路

1 2 a : 狭幅域

1 2 b, 1 2 c : テーパー部

1 4 : 光導波路

1 6, 1 8 : 単一モードファイバ (SMF)

1 1 0 : 石英基板

1 1 2 : リング導波路

1 1 2 a : 狭幅域

1 1 2 b, 1 1 2 c : テーパー部

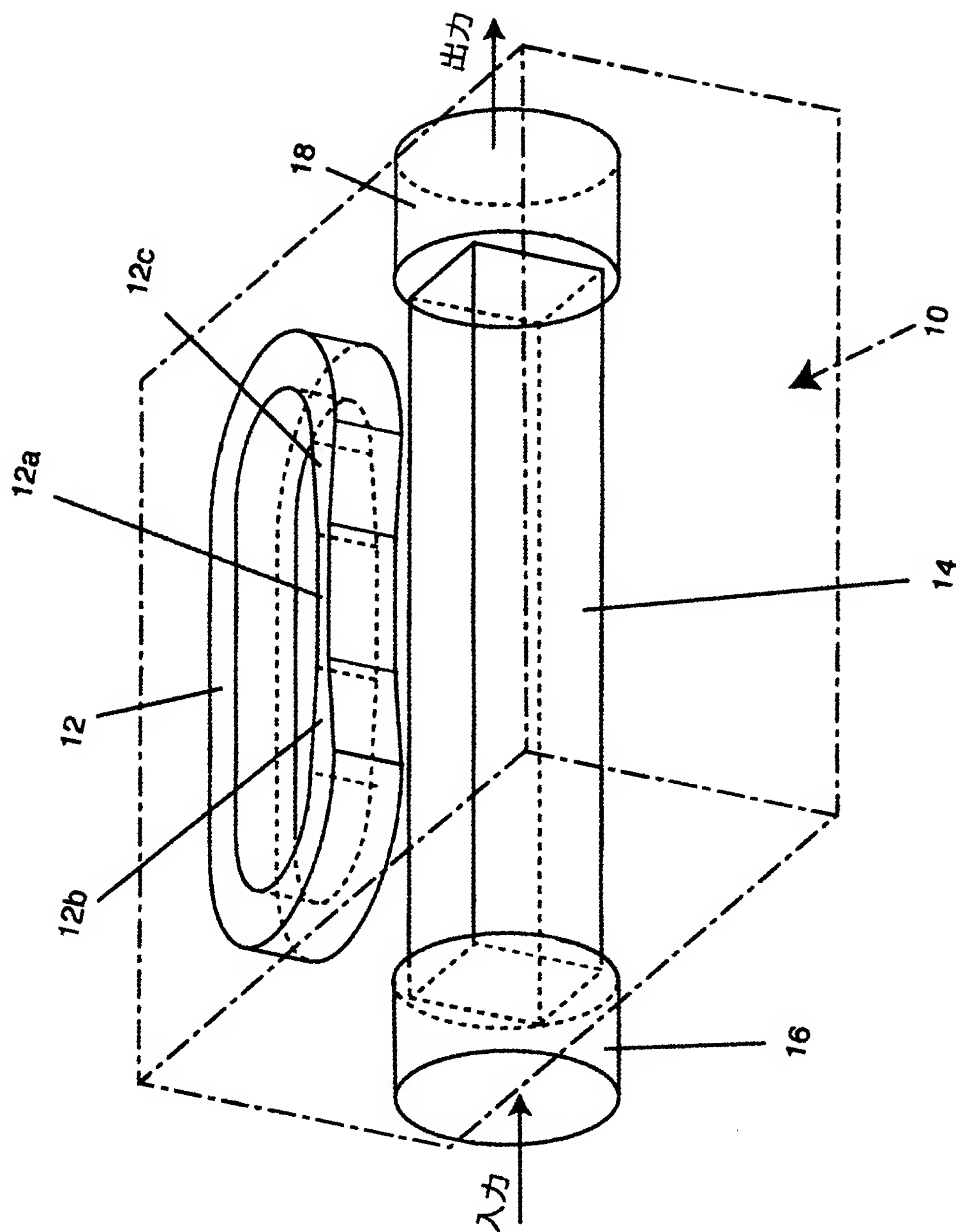
1 1 2 d : 狭幅域

1 1 2 e, 1 1 2 f : テーパー部

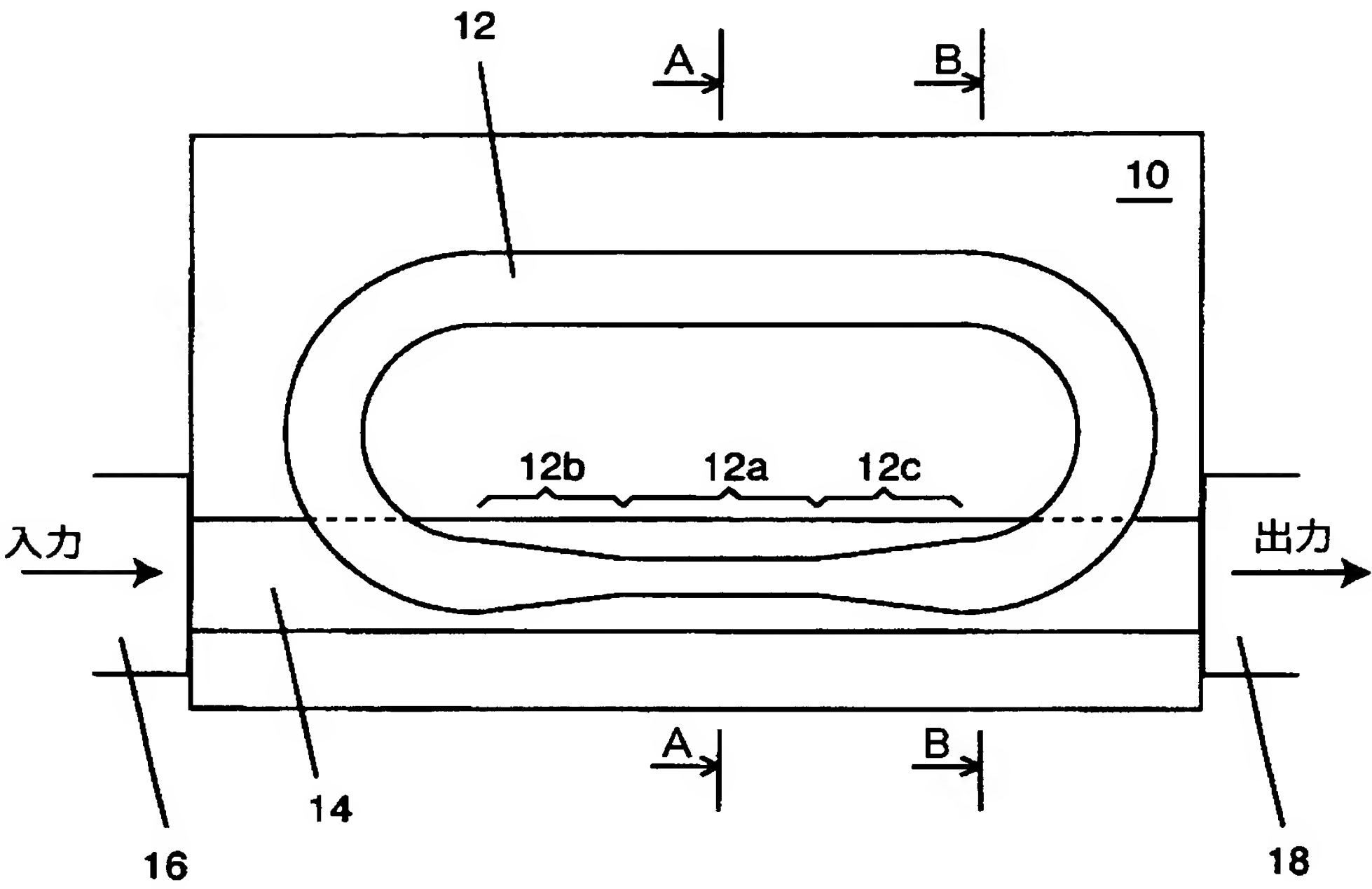
1 1 4, 1 1 6 : 光導波路

1 1 8, 1 2 0, 1 2 2, 1 2 4 : 単一モードファイバ (SMF)

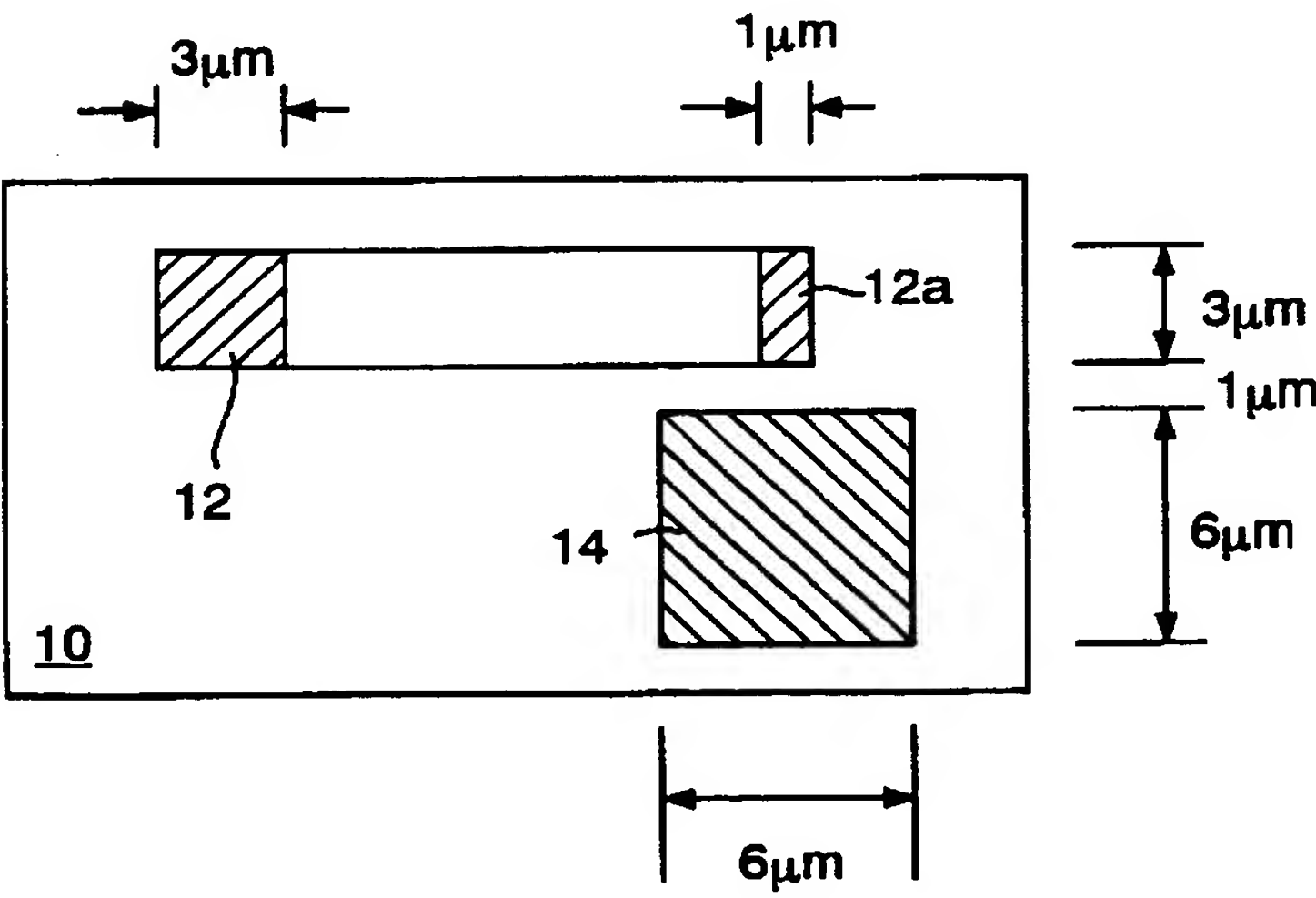
【書類名】 図面
【図1】



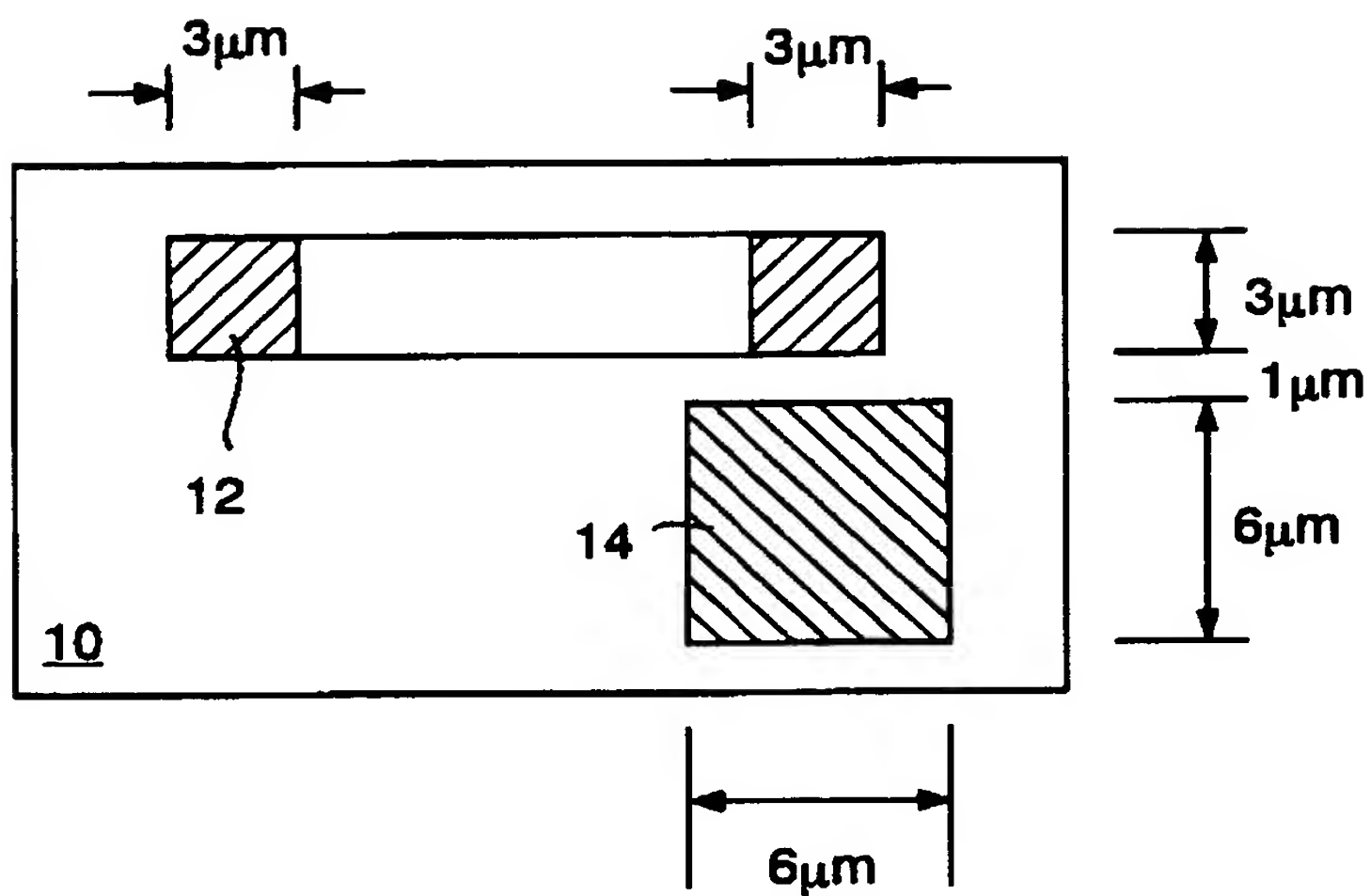
【図 2】



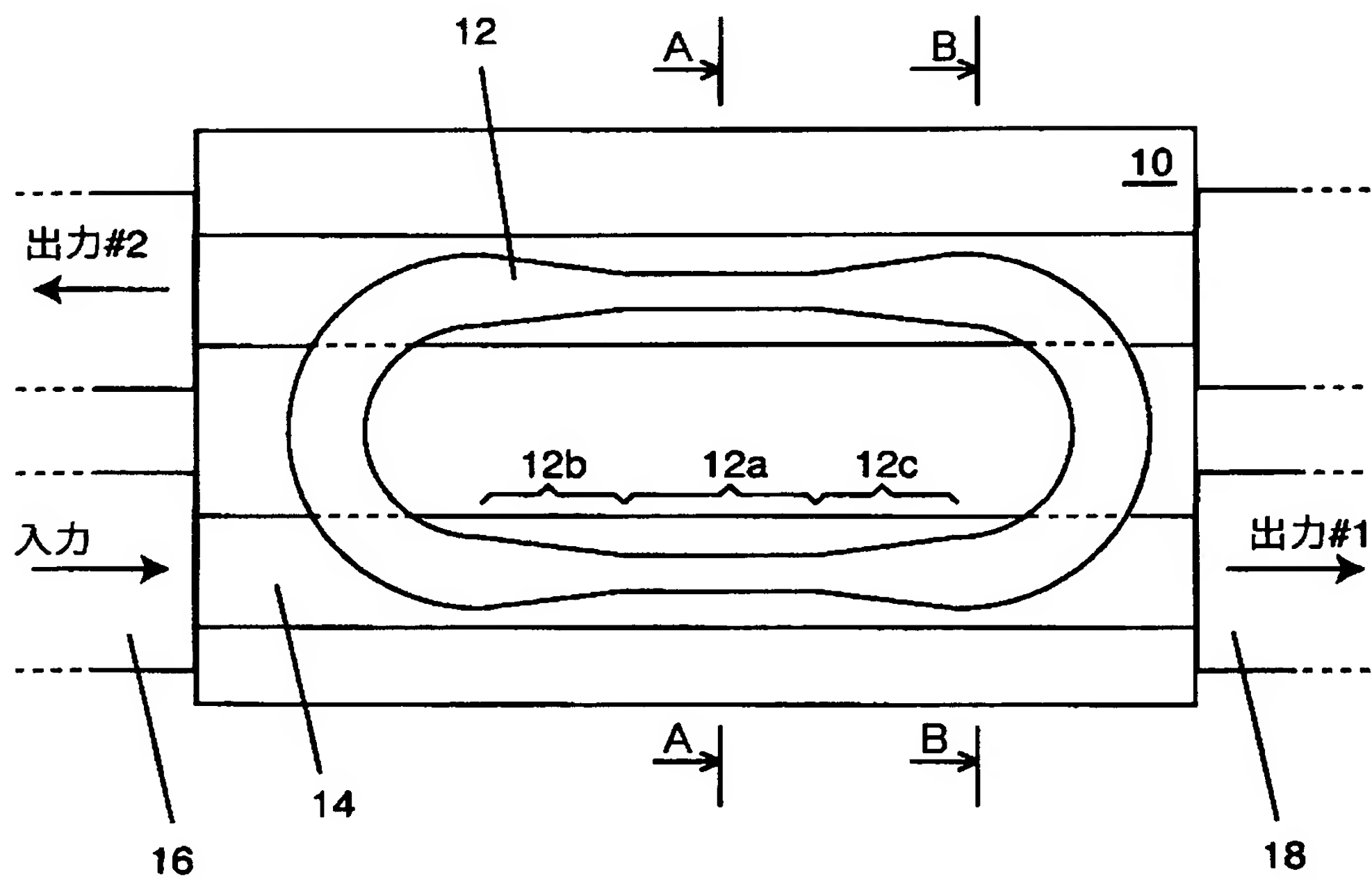
【図 3】



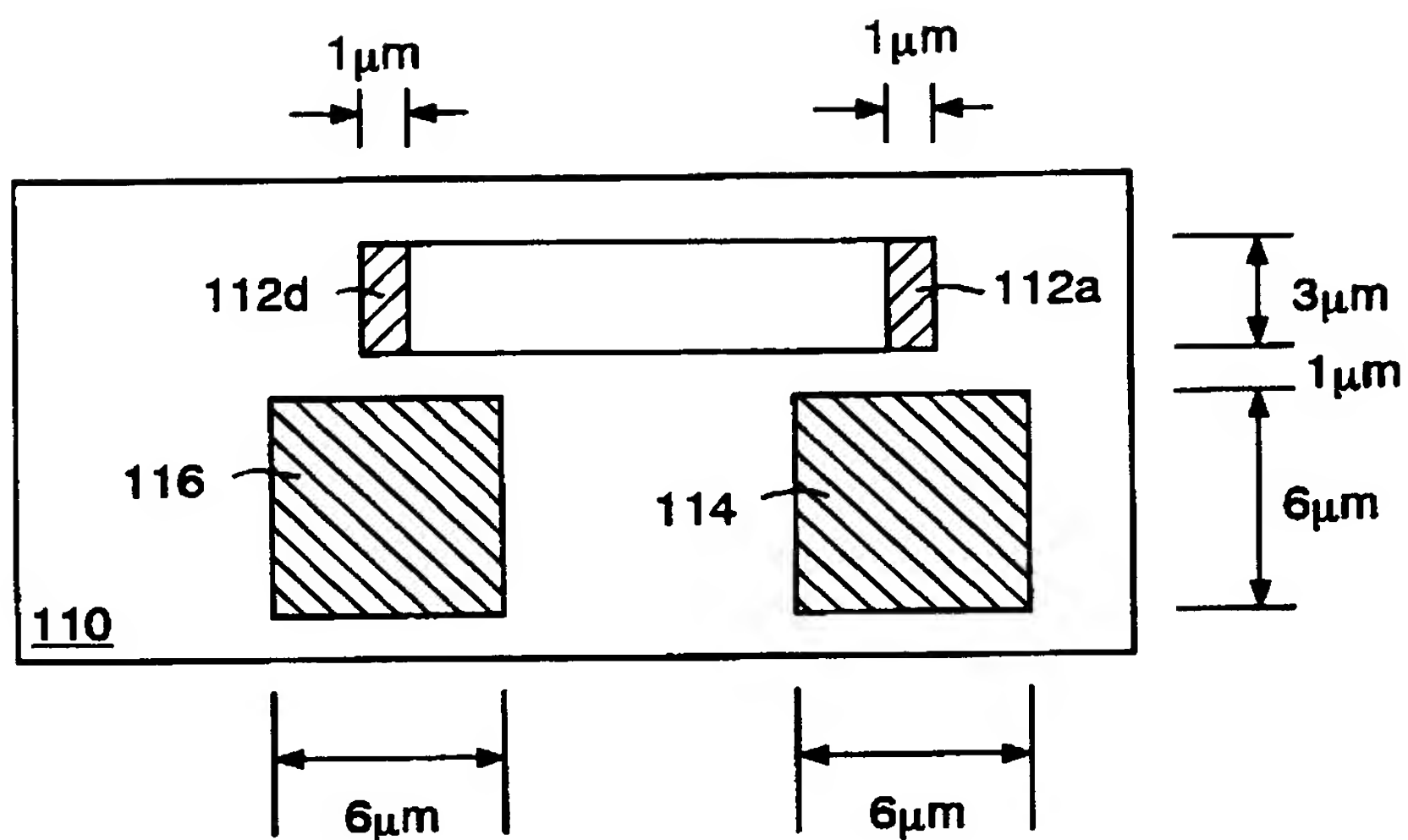
【図 4】



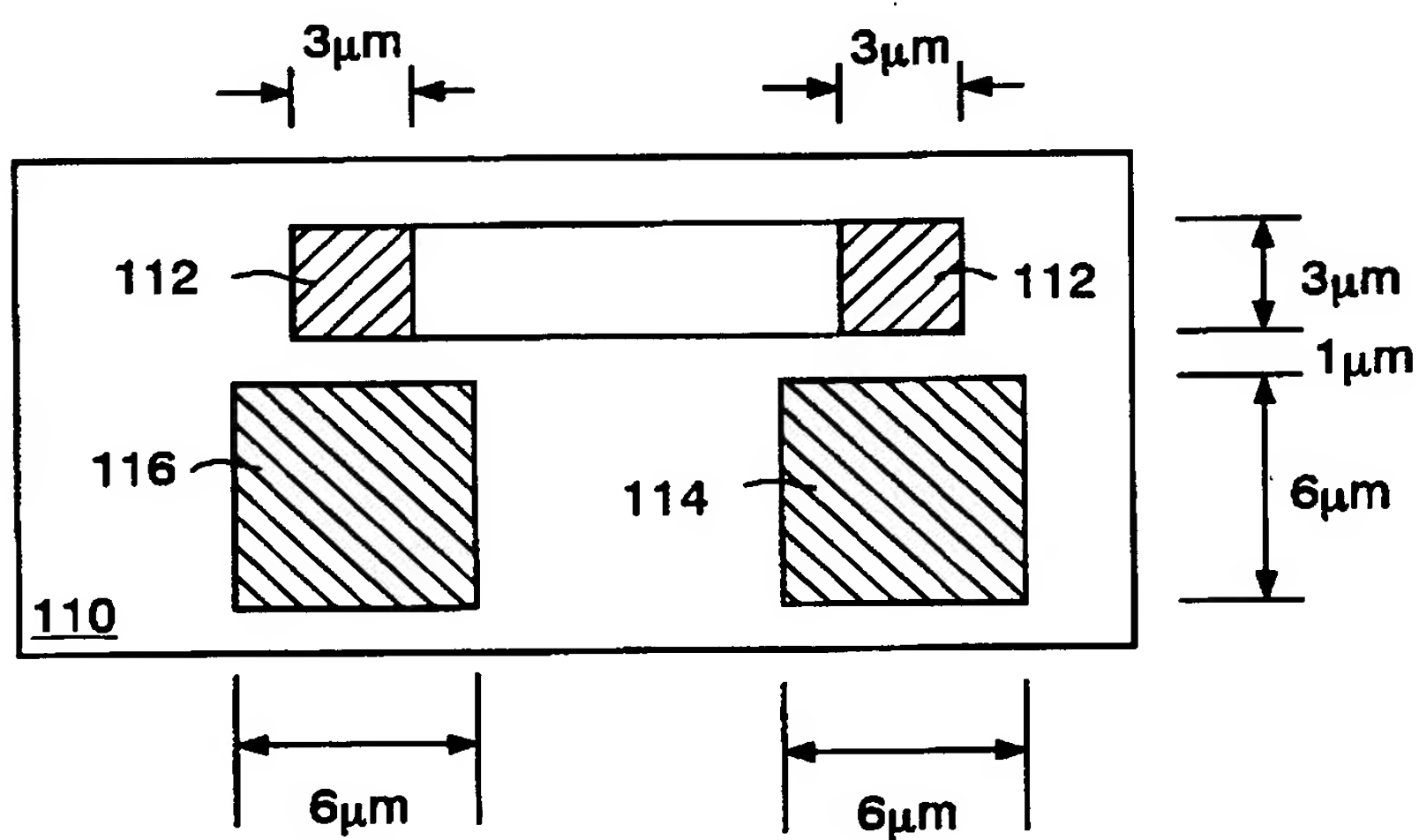
【図 5】



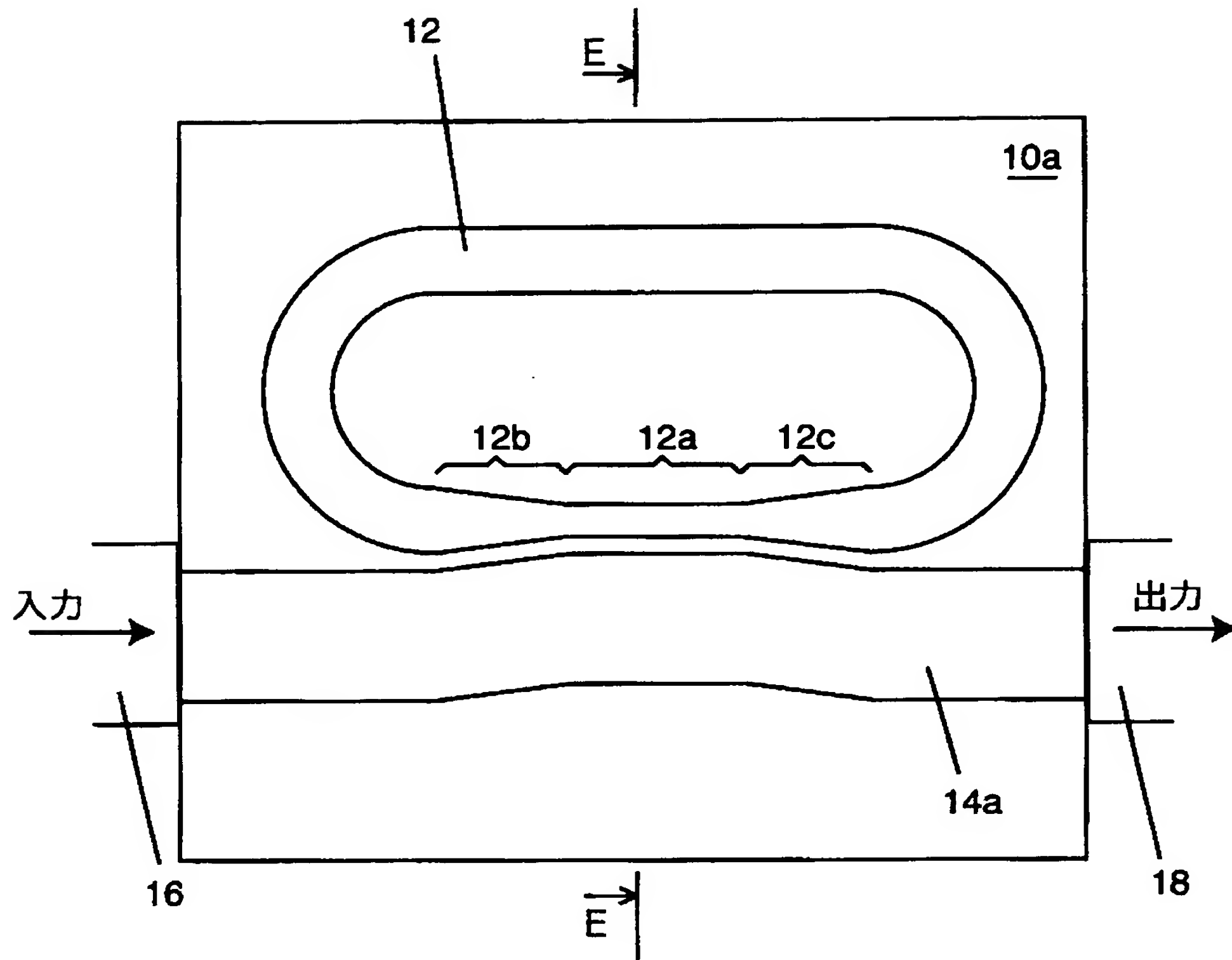
【図 6】



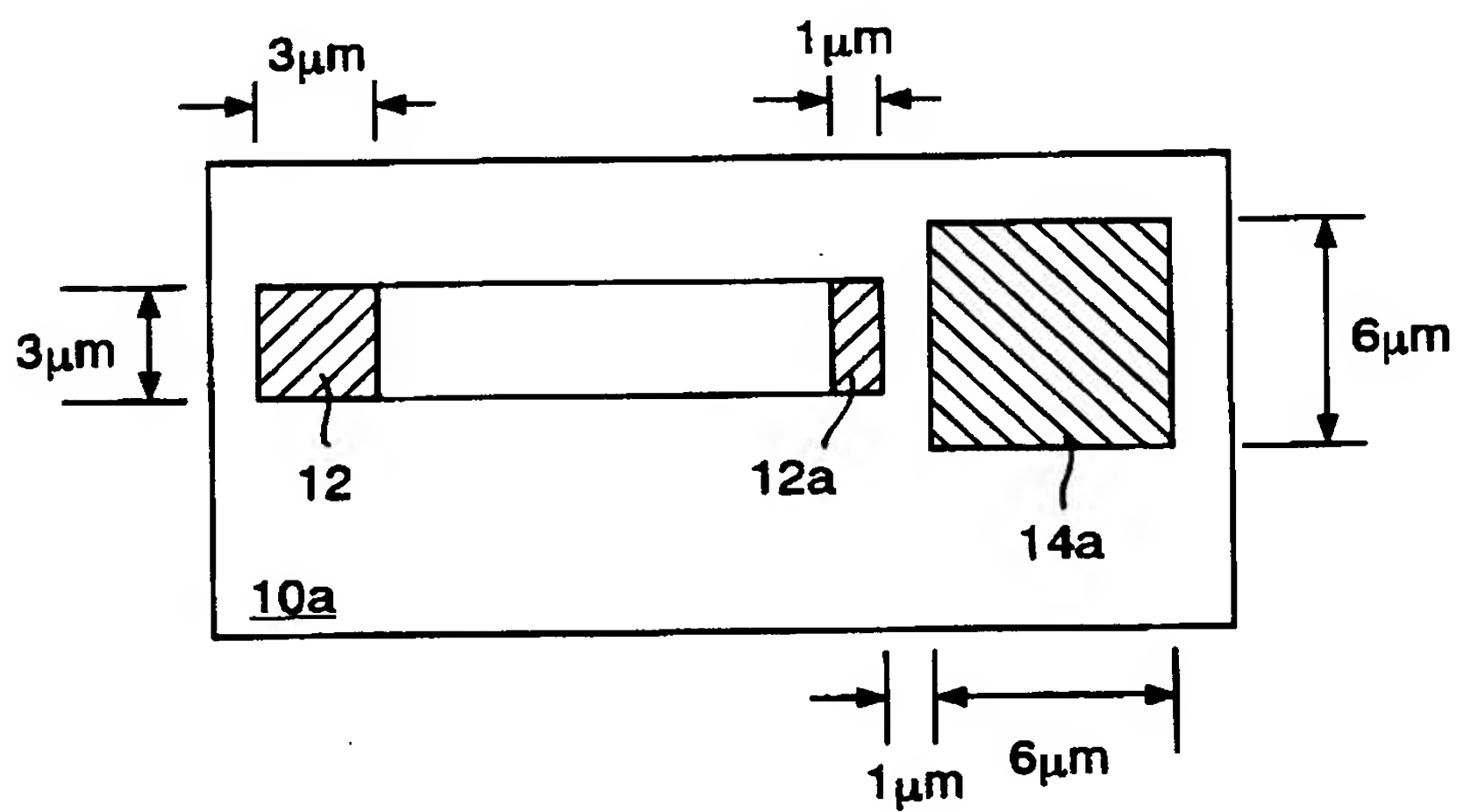
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高結合効率、低損失、短リング長のリング共振回路を実現する。

【解決手段】 リング導波路 1 2 の一辺に隣接して且つ平行に、光導波路 1 4 が配置されている。光導波路 1 4 に近接するリング導波路 1 2 の辺では、部分的に導波路幅を細くして光導波路 1 4 と光結合しやすくした狭幅域 1 2 a を形成してある。狭幅域 1 2 a の両側には、狭幅域 1 2 a に向かって導波路幅が漸減するテーパー部 1 2 b, 1 2 c を形成してある。光導波路 1 4 の一方端に単一モード光ファイバ 1 6 が配置され、光導波路 1 4 の他方端にも単一モード光ファイバ 1 8 が配置される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 0 8 8 9 1]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 4 月 2 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿二丁目 3 番 2 号
氏 名 ケイディーディーアイ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 8 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿二丁目 3 番 2 号
氏 名 K D D I 株式会社